

University of Groningen

Taste and flavor liking

Dalenberg, Jelle Roelof

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2016

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Dalenberg, J. R. (2016). *Taste and flavor liking: Neurobiological correlates and behavioral diversity*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

APPENDICES

References

Nederlandse samenvatting

About the author

Publication list

About the cover

Dankwoord

REFERENCE LIST

- » Almashaikhi, T., Rheims, S., Ostrowsky-Coste, K., Montavont, A., Jung, J., De Bellescize, J., Arzimanoglou, A., Keo Kosal, P., Guénot, M., Bertrand, O., Ryvlin, P., 2013. In-trainsular functional connectivity in human. *Hum. Brain Mapp.* 1–10. doi:10.1002/hbm.22366
- » Alonso-Atienza, F., Rojo-Álvarez, J.L., Rosado-Muñoz, A., Vinagre, J.J., García-Alberola, A., Camps-Valls, G., 2012. Feature selection using support vector machines and bootstrap methods for ventricular fibrillation detection. *Expert Syst. Appl.* 39, 1956–1967. doi:10.1016/j.eswa.2011.08.051
- » Anderson, A.K., Christoff, K., Stappen, I., Panitz, D., Ghahremani, D.G., Glover, G.H., Gabrieli, J.D.E., Sobel, N., 2003. Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction. *Nat. Neurosci.* 6, 196–202. doi:10.1038/nn1001
- » Ariely, D., 2009. *Predictably Irrational: The Hidden Forces That Shape Our Decisions.*, 1st ed, Academy of Management Perspectives. HarperCollins Publishers, New York.
- » Ariely, D., Berns, G.S., 2010. Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business. *Nat. Rev. Neurosci.* 11, 284–292. doi:10.1038/nrn2795
- » Ashburner, J., 2007. A fast diffeomorphic image registration algorithm. *Neuroimage* 38, 95–113. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.07.007
- » Baayen, R., 2008. *Analyzing linguistic data: A practical introduction to statistics using R*, 1st ed. Cambridge University Press.
- » Barnett, A.G., van der Pols, J.C., Dobson, A.J., 2005. Regression to the mean: what it is and how to deal with it. *Int. J. Epidemiol.* 34, 215–20. doi:10.1093/ije/dyh299
- » Barretto, R.P.J., Gillis-Smith, S., Chandrashekar, J., Yarmolinsky, D.A., Schnitzer, M.J., Ryba, N.J.P., Zuker, C.S., 2014. The neural representation of taste quality at the periphery. *Nature*. doi:10.1038/nature13873
- » Bartoshuk, L.M., 1991. Taste, smell, and pleasure, in: Bolles, R. (Ed.), *The Hedonics of Taste*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 15–28.
- » Bartoshuk, L.M., Duffy, V.B., Lucchina, L.A., Prutkin, J., Fast, K., 1998. PROP (6-n-Propylthiouracil) Supertasters and the Saltiness of NaCl. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 855, 793–796. doi:10.1111/j.1749-6632.1998.tb10660.x
- » Bartoshuk, L.M., Duffy, V.B., Miller, I.J., 1994. PTC/PROP tasting: anatomy, psychophysics, and sex effects. *Physiol. Behav.* 56, 1165–71.
- » Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., 2014. *lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4*.
- » Baxter, M.G., Murray, E.A., Hall, W.J., 2002. The amygdala and reward. *Nat. Rev. Neurosci.* 3. doi:10.1038/nrn875

- » Baylis, L.L., Rolls, E.T., Baylis, G.C., 1995. Afferent connections of the caudolateral orbitofrontal cortex taste area of the primate. *Neuroscience* 64, 801–812. doi:10.1016/0306-4522(94)00449-F
- » Bell, A.J., Sejnowski, T.J., 1995. An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution. *Neural Comput.* 7, 1129–1159. doi:10.1162/neco.1995.7.6.1129
- » Bender, G., Veldhuizen, M.G., Meltzer, J.A., Gitelman, D.R., Small, D.M., 2009. Neural correlates of evaluative compared with passive tasting. *Eur. J. Neurosci.* 30, 327–38. doi:10.1111/j.1460-9568.2009.06819.x
- » Berridge, K.C., 2009. “Liking” and “wanting” food rewards: Brain substrates and roles in eating disorders. *Physiol. Behav.* 97, 537–550. doi:10.1016/j.physbeh.2009.02.044
- » Berridge, K.C., 2003. Pleasures of the brain. *Brain Cogn.* 52, 106–128. doi:10.1016/S0278-2626(03)00014-9
- » Berridge, K.C., 1996. Food reward: brain substrates of wanting and liking. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 20, 1–25.
- » Berridge, K.C., Kringelbach, M.L., 2008. Affective neuroscience of pleasure: Reward in humans and animals. *Psychopharmacology (Berl.)* 199, 457–480. doi:10.1007/s00213-008-1099-6
- » Berridge, K.C., Robinson, T.E., Aldridge, J.W., 2009. Dissecting components of reward : “liking”, “wanting”, and learning. *Curr. Opin. Pharmacol.* 9, 65–73. doi:10.1016/j.coph.2008.12.014
- » Bhumiratana, N., Adhikari, K., Chambers, E., 2014. The development of an emotion lexicon for the coffee drinking experience. *Food Res. Int.* doi:10.1016/j.foodres.2014.03.008
- » Birch, L.L., Marlin, D.W., 1982. I don’t like it; I never tried it: Effects of exposure on two-year-old children’s food preferences. *Appetite* 3, 353–360. doi:10.1016/S0195-6663(82)80053-6
- » Booth, D., 1991. Learned ingestive motivation and the pleasures of the palate, in: Bolles, R. (Ed.), *The Hedonics of Taste*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 29–58.
- » Bornstein, R.F., 1989. Exposure and Affect : Overview and Meta-Analysis. *Psychol. Bull.* 106, 265–289.
- » Bradley, M., Lang, P.J., 1994. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *J. Behav. Ther. Exp. psychiatry* 25, 49–59.
- » Bragulat, V., Dzemic, M., Bruno, C., Cox, C.A., Talavage, T., Considine, R.V., Kareken, D.A., 2010. Food-related odor probes of brain reward circuits during hunger: a pilot fMRI study. *Obesity (Silver Spring)* 18, 1566–71. doi:10.1038/oby.2010.57
- » Bryant, M., Truesdale, K.P., Dye, L., 2006. Modest changes in dietary intake across the menstrual cycle: implications for food intake research. *Br. J. Nutr.* 96, 888–894. doi:10.1017/BJN20061931



- » Cabanac, M., 1971. Physiological Role of Pleasure. *Science* (80-.). 173, 1103–1107.
- » Calder, A.J., Keane, J., Manes, F., Antoun, N., Young, A.W., 2000. Impaired recognition and experience of disgust following brain injury. *Nat. Neurosci.* 3, 1077–1078.
- » Calhoun, V.D., Adali, T., Pearlson, G.D., Pekar, J.J., 2001. A Method for Making Group Inferences from Functional MRI Data Using Independent Component Analysis. *Hum. Brain Mapp.* 151, 140–151. doi:10.1002/hbm.
- » Calhoun, V.D., Allen, E.A., 2013. Extracting intrinsic functional networks with feature-based group independent component analysis. *Psychometrika* 78, 243–259. doi:10.1007/s11336-012-9291-3
- » Cardello, A. V., Meiselman, H.L., Schutz, H.G., Craig, C., Given, Z., Leshner, L.L., Eicher, S., 2012. Measuring emotional responses to foods and food names using questionnaires. *Food Qual. Prefer.* 24, 243–250. doi:10.1016/j.foodqual.2011.12.002
- » Cardinal, R.N., Parkinson, J.A., Hall, J., Everitt, B.J., 2003. The contribution of the amygdala, nucleus accumbens, and prefrontal cortex to emotion and motivated behaviour. *Int. Congr. Ser.* 1250, 347–370. doi:10.1016/S0531-5131(03)01013-6
- » Carleton, A., Accolla, R., Simon, S.A., 2010. Coding in the mammalian gustatory system. *Trends Neurosci.* 33, 326–34. doi:10.1016/j.tins.2010.04.002
- » Cattell, R.B., 1966. The Scree Test For The Number Of Factors. *Multivariate Behav. Res.* 1, 245–276. doi:10.1207/s15327906mbr0102_10
- » Cauda, F., D’Agata, F., Sacco, K., Duca, S., Geminiani, G.C., Vercelli, A., 2011. Functional connectivity of the insula in the resting brain. *Neuroimage* 55, 8–23. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.11.049
- » Cerf-Ducastel, B., Haase, L., Murphy, C., 2012. Effect of Magnitude Estimation of Pleasantness and Intensity on fMRI Activation to Taste. *Chemosens. Percept.* 5, 100–109. doi:10.1007/s12078-011-9109-1
- » Cerliani, L., Thomas, R.M., Jbabdi, S., Siero, J.C.W., Nanetti, L., Crippa, A., Gazzola, V., D’Arceuil, H., Keysers, C., 2012. Probabilistic tractography recovers a rostrocaudal trajectory of connectivity variability in the human insular cortex. *Hum. Brain Mapp.* 33, 2005–34. doi:10.1002/hbm.21338
- » Chandrashekar, J., Hoon, M.A., Ryba, N.J.P., Zuker, C.S., 2006. The receptors and cells for mammalian taste. *Nature* 444, 288–294. doi:10.1038/nature05401
- » Chang, C.-C., Lin, C.-J., 2011. LIBSVM : A Library for Support Vector Machines. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 2, 1–27.
- » Chang, L.J., Yarkoni, T., Khaw, M.W., Sanfey, A.G., 2013. Decoding the role of the insula in human cognition: functional parcellation and large-scale reverse inference. *Cereb. Cortex* 23, 739–49. doi:10.1093/cercor/bhs065
- » Chen, C.F., Zou, D., Altomare, C.G., Xu, L., Greer, C.A., Firestein, S.J., 2014. Non-sensory target-dependent organization of piriform cortex 111, 1–6. doi:10.1073/pnas.1411266111

- » Chen, X., Gabitto, M., Peng, Y., Ryba, N.J.P., Zuker, C.S., 2011. A gustotopic map of taste qualities in the mammalian brain. *Science* 333, 1262–6. doi:10.1126/science.1204076
- » Cooke, L., 2007. The importance of exposure for healthy eating in childhood: a review. *J. Hum. Nutr. Diet.* 20, 294–301. doi:10.1111/j.1365-277X.2007.00804.x
- » Cornier, M.-A., Shott, M.E., Thomas, E.A., Bechtell, J.L., Bessesen, D.H., Tregellas, J.R., Frank, G.K.W., 2015. The effects of energy balance, obesity-proneness and sex on the neuronal response to sweet taste. *Behav. Brain Res.* 278, 446–452. doi:10.1016/j.bbr.2014.10.024
- » Cox, D., Cox, A.D., 2002. Beyond First Impressions: The Effects of Repeated Exposure on Consumer Liking of Visually Complex and Simple Product Designs. *J. Acad. Mark. Sci.* 30, 119–130.
- » Crouzet, S.M., Busch, N.A., Ohla, K., 2015. Taste Quality Decoding Parallels Taste Sensations Highlights d Large-scale electrophysiological response patterns code for taste quality in humans Taste Quality Decoding Parallels Taste Sensations. *Curr. Biol.* 25, 1–7. doi:10.1016/j.cub.2015.01.057
- » Dalenberg, J.R., Nanetti, L., Renken, R.J., de Wijk, R.A., ter Horst, G.J., 2014. Dealing with Consumer Differences in Liking during Repeated Exposure to Food; Typical Dynamics in Rating Behavior. *PLoS One* 9, e93350. doi:10.1371/journal.pone.0093350
- » Davidson, T.L., Kanoski, S.E., Schier, L.A., Clegg, D.J., Benoit, S.C., 2007. A potential role for the hippocampus in energy intake and body weight regulation. *Curr. Opin. Pharmacol.* 7, 613–616. doi:10.1016/j.coph.2007.10.008
- » Davis, M., 1992. The role of the amygdala in fear and anxiety. *Annu. Rev. Neurosci.* 15, 353–75. doi:10.1146/annurev.ne.15.030192.002033
- » Davis, M., Whalen, P.J., 2001. The amygdala: vigilance and emotion. *Mol. Psychiatry* 6, 13–34. doi:10.1038/sj.mp.4000812
- » de Araujo, I.E.T., Kringelbach, M.L., Rolls, E.T., McGlone, F., 2003a. Human cortical responses to water in the mouth, and the effects of thirst. *J. Neurophysiol.* 90, 1865–76. doi:10.1152/jn.00297.2003
- » De Araujo, I.E.T., Rolls, E.T., 2004. Representation in the human brain of food texture and oral fat. *J. Neurosci.* 24, 3086–93. doi:10.1523/JNEUROSCI.0130-04.2004
- » de Araujo, I.E.T., Rolls, E.T., Kringelbach, M.L., McGlone, F., Phillips, N., 2003b. Taste-olfactory convergence, and the representation of the pleasantness of flavour, in the human brain. *Eur. J. Neurosci.* 18, 2059–2068. doi:10.1046/j.1460-9568.2003.02915.x
- » de Graaf, C., Kramer, F.M., Meiselman, H.L., Leshner, L.L., Baker-Fulco, C., Hirsch, E.S., Warber, J., 2005. Food acceptability in field studies with US army men and women: relationship with food intake and food choice after repeated exposures. *Appetite* 44, 23–31. doi:10.1016/j.appet.2004.08.008

- » de Graaf, C., Zandstra, E.H., 1999. Sweetness intensity and pleasantness in children, adolescents, and adults. *Physiol. Behav.* 67, 513–20.
- » Deen, B., Pitskel, N.B., Pelphrey, K.A., 2011. Three systems of insular functional connectivity identified with cluster analysis. *Cereb. Cortex* 21, 1498–506. doi:10.1093/cercor/bhq186
- » Deichmann, R., Gottfried, J.A., Hutton, C., Turner, R., 2003. Optimized EPI for fMRI studies of the orbitofrontal cortex. *Neuroimage* 19, 430–441. doi:10.1016/S1053-8119(03)00073-9
- » Desikan, R., Ségonne, F., Fischl, B., Quinn, B., Dickerson, B., Blacker, D., Buckner, R., Dale, A., Maguire, R., Hyman, B., Albert, M., Killiany, R., 2006. An automated labeling system for subdividing the human cerebral cortex on MRI scans into gyral based regions of interest. *Neuroimage* 31, 968–80.
- » Desmet, P.M.A., 2005. Measuring emotion: Development and application of an instrument to measure emotional responses to products., in: Blythe, Mark, A., Overbeeke, K., Monk, Andrew, F., Wright, Peter, C. (Eds.), *Funology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 111–123.
- » Desmet, P.M.A., Hekkert, P., Jacobs, J.J., 2000. When a Car Makes You Smile : Development and Application of an Instrument to Measure Product Emotions. *Adv. Consum. Res.* 27, 111–117.
- » Desmet, P.M.A., Porcelijn, R., Dijk, M.B., 2007. Emotional Design; Application of a Research-Based Design Approach. *Knowledge, Technol. Policy* 20, 141–155. doi:10.1007/s12130-007-9018-4
- » Desmet, P.M.A., Schifferstein, H.N.J., 2008. Sources of positive and negative emotions in food experience. *Appetite* 50, 290–301. doi:10.1016/j.appet.2007.08.003
- » Di Martino, A., Scheres, A., Margulies, D.S., Kelly, A.M.C., Uddin, L.Q., Shehzad, Z., Biswal, B.B., Walters, J.R., Castellanos, F.X., Milham, M.P., 2008. Functional connectivity of human striatum: A resting state fMRI study. *Cereb. Cortex* 18, 2735–2747. doi:10.1093/cercor/bhn041
- » Drewnowski, A., Ahlstrom Henderson, S., Shore, A.B., 1997. Taste responses to naringin, a flavonoid, and the acceptance of grapefruit juice are related to genetic sensitivity to 6-n-propylthiouracil. *Am. J. Clin. Nutr.* 66, 391–397.
- » Duan, K.-B., Rajapakse, J.C., Wang, H., Azuaje, F., 2005. Multiple SVM-RFE for gene selection in cancer classification with expression data. *IEEE Trans. Nanobioscience* 4, 228–34.
- » Duerden, E.G., Arsalidou, M., Lee, M., Taylor, M.J., 2013. Lateralization of affective processing in the insula. *Neuroimage* 78, 159–75. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.04.014
- » Essed, N.H., van Staveren, W.A., Kok, F.J., Ormel, W., Zeinstra, G., de Graaf, C., 2006. The effect of repeated exposure to fruit drinks on intake, pleasantness and boredom in young and elderly adults. *Physiol. Behav.* 89, 335–41. doi:10.1016/j.physbeh.2006.06.016

- » Everitt, B.S., Hothorn, T., 2006. *A Handbook of Statistical Analyses Using R*. Chapman and Hall/CRC.
- » Faurion, a, Cerf-Ducastel, B., Van De Moortele, P.F., Lobel, E., Mac Leod, P., Le Bihan, D., 1999. Human taste cortical areas studied with functional magnetic resonance imaging: evidence of functional lateralization related to handedness. *Neurosci. Lett.* 277, 189–92. doi:10.1016/S0304-3940(99)00881-2
- » Fazio, R.H., Olson, M.A., 2003. Implicit measures in social cognition. research: their meaning and use. *Annu. Rev. Psychol.* 54, 297–327. doi:10.1146/annurev.psych.54.101601.145225
- » Fraley, C., Raftery, A.E., 2007. Bayesian Regularization for Normal Mixture Estimation and Model-Based Clustering. *J. Classif.* 181, 155–181. doi:10.1007/s00357-007-0004-z
- » Fraley, C., Raftery, A.E., 2006. *MCLUST Version 3 for R: Normal Mixture Modeling and Model-Based Clustering*. Washington.
- » Frank, G.K.W., Oberndorfer, T.A., Simmons, A.N., Paulus, M.P., Fudge, J.L., Yang, T.T., Kaye, W.H., 2008. Sucrose activates human taste pathways differently from artificial sweetener. *Neuroimage* 39, 1559–69. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.10.061
- » Frank, T.C., Kim, G.L., Krzemien, A., Van Vugt, D.A., 2010. Effect of menstrual cycle phase on corticolimbic brain activation by visual food cues. *Brain Res.* 1363, 81–92. doi:10.1016/j.brainres.2010.09.071
- » Friston, K.J., Williams, S., Howard, R., Frackowiak, R.S., Turner, R., 1996. Movement-related effects in fMRI time-series. *Magn. Reson. Med.* 35, 346–55. doi:10.1002/mrm.1910350312
- » Frühholz, S., Jellinghaus, A., Herrmann, M., 2011. Time course of implicit processing and explicit processing of emotional faces and emotional words. *Biol. Psychol.* 87, 265–74. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.03.008
- » Galindo, M.M., Schneider, N.Y., Stähler, F., Töle, J., Meyerhof, W., 2012. Taste preferences. *Prog. Mol. Biol. Transl. Sci.* 108, 383–426. doi:10.1016/B978-0-12-398397-8.00015-0
- » Gautier, J.F., Del Parigi, A., Chen, K., Salbe, A.D., Bandy, D., Pratley, R.E., Ravussin, E., Reiman, E.M., Tataranni, P.A., 2001. Effect of satiation on brain activity in obese and lean women. *Obes. Res.* 9, 676–84. doi:10.1038/oby.2001.92
- » Giachetti, I., MacLeod, P., 1977. Olfactory input to the thalamus: Evidence for a ventro-posteromedial projection. *Brain Res.* 125, 166–169. doi:10.1016/0006-8993(77)90369-9
- » Gottfried, J.A., O'Doherty, J.P., Dolan, R.J., 2002. Appetitive and aversive olfactory learning in humans studied using event-related functional magnetic resonance imaging. *J. Neurosci.* 22, 10829–10837.
- » Goutte, C., Hansen, L.K., Liptrot, M.G., Rostrup, E., 2001. Feature-space clustering for fMRI meta-analysis. *Hum. Brain Mapp.* 13, 165–83.

- » Grabenhorst, F., D'Souza, A.A., Parris, B.A., Rolls, E.T., Passingham, R.E., 2010. A common neural scale for the subjective pleasantness of different primary rewards. *Neuroimage* 51, 1265–74. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.03.043
- » Grabenhorst, F., Rolls, E.T., 2009. Different representations of relative and absolute subjective value in the human brain. *Neuroimage* 48, 258–268. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.06.045
- » Grabenhorst, F., Rolls, E.T., 2008. Selective attention to affective value alters how the brain processes taste stimuli. *Eur. J. Neurosci.* 27, 723–729. doi:10.1111/j.1460-9568.2008.06033.x
- » Grabenhorst, F., Rolls, E.T., Bilderbeck, A., 2008. How cognition modulates affective responses to taste and flavor: Top-down influences on the orbitofrontal and pregenual cingulate cortices. *Cereb. Cortex* 18, 1549–1559. doi:10.1093/cercor/bhm185
- » Grabenhorst, F., Rolls, E.T., Margot, C., da Silva, M.A.A.P., Velazco, M.I., 2007. How pleasant and unpleasant stimuli combine in different brain regions: odor mixtures. *J. Neurosci.* 27, 13532–40.
- » Green, E., Jacobson, A., Haase, L., Murphy, C., 2013. Can age-related CNS taste differences be detected as early as middle age? Evidence from fMRI. *Neuroscience* 232, 194–203. doi:10.1016/j.neuroscience.2012.11.027
- » Gutjar, S., Dalenberg, J.R., de Graaf, C., de Wijk, R.A., Palascha, A., Renken, R.J., Jager, G., 2015. What reported food-evoked emotions may add: A model to predict consumer food choice. *Food Qual. Prefer.* 45, 140–148. doi:10.1016/j.foodqual.2015.06.008
- » Gutjar, S., de Graaf, C., Palascha, A., Jager, G., 2014. Food choice: The battle between package, taste and consumption situation. *Appetite* 80, 109–13. doi:10.1016/j.appet.2014.05.006
- » Haase, L., Cerf-Ducastel, B., Murphy, C., 2009. Cortical activation in response to pure taste stimuli during the physiological states of hunger and satiety. *Neuroimage* 44, 1008–21. doi:10.1016/j.neuroimage.2008.09.044
- » Haase, L., Green, E., Murphy, C., 2011. Males and females show differential brain activation to taste when hungry and sated in gustatory and reward areas. *Appetite* 57, 421–434. doi:10.1016/j.appet.2011.06.009
- » Haber, S.N., Knutson, B., 2010. The reward circuit: linking primate anatomy and human imaging. *Neuropsychopharmacology* 35, 4–26. doi:10.1038/npp.2009.129
- » Hartigan, J., Wong, M., 1979. A k-means clustering algorithm. *Appl. Stat.* 28, 100–108.
- » Hashimoto, K., Spector, A.C., 2014. Extensive Lesions in the Gustatory Cortex in the Rat Do Not Disrupt the Retention of a Presurgically Conditioned Taste Aversion and Do Not Impair Unconditioned Concentration-Dependent Licking of Sucrose and Quinine. *Chem. Senses* 39, 57–71. doi:10.1093/chemse/bjt054
- » Hasson, D., Arnetz, B.B., 2005. Validation and Findings Comparing VAS vs. Likert Scales for Psychosocial Measurements. *Int. Electron. J. Health Educ.* 8, 178–192.

- » Hausman, J., McFadden, D., 1984. Specification Tests for the Multinomial Logit Model Author. *Econometrica* 52, 1219–1240.
- » Haxby, J. V., Guntupalli, J.S., Connolly, A.C., Halchenko, Y.O., Conroy, B.R., Gobbini, M.I., Hanke, M., Ramadge, P.J., 2011. A common, high-dimensional model of the representational space in human ventral temporal cortex. *Neuron* 72, 404–416. doi:10.1016/j.neuron.2011.08.026
- » Hayes, D.J., Duncan, N.W., Xu, J., Northoff, G., 2014. A comparison of neural responses to appetitive and aversive stimuli in humans and other mammals. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 45C, 350–368. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.06.018
- » Hebb, D.O., 1949. *The Organization of Behaviour: A Neuropsychological Theory*, 5th ed. John Wiley & Sons, Inc, New York, New York, USA. doi:citeulike-article-id:1282862
- » Hetherington, M.M., Pirie, L.M., Nabb, S., 2002. Stimulus satiation: effects of repeated exposure to foods on pleasantness and intake. *Appetite* 38, 19–28. doi:10.1006/appe.2001.0442
- » Hoek, A.C., Elzerman, J.E., Hageman, R., Kok, F.J., Luning, P.A., de Graaf, C., 2013. Are meat substitutes liked better over time? A repeated in-home use test with meat substitutes or meat in meals. *Food Qual. Prefer.* 28, 253–263. doi:10.1016/j.foodqual.2012.07.002
- » Hofmann, W., De Houwer, J., Perugini, M., Baeyens, F., Crombez, G., 2010. Evaluative conditioning in humans: a meta-analysis. *Psychol. Bull.* 136, 390–421. doi:10.1037/a0018916
- » Hoogeveen, H.R., Dalenberg, J.R., Renken, R.J., ter Horst, G.J., Lorist, M.M., 2015. Neural processing of basic tastes in healthy young and older adults — An fMRI study. *Neuroimage*. doi:10.1016/j.neuroimage.2015.06.017
- » Hsu, C., Chang, C., Lin, C., 2010. *A Practical Guide to Support Vector Classification*.
- » Jabbi, M., Bastiaansen, J., Keysers, C., 2008. A common anterior insula representation of disgust observation, experience and imagination shows divergent functional connectivity pathways. *PLoS One* 3, e2939. doi:10.1371/journal.pone.0002939
- » Jabs, J., Devine, C.M., 2006. Time scarcity and food choices: An overview. *Appetite* 47, 196–204. doi:10.1016/j.appet.2006.02.014
- » Jacobson, A., Green, E., Murphy, C., 2010. Age-related functional changes in gustatory and reward processing regions: An fMRI study. *Neuroimage* 53, 602–610. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.05.012
- » Jain, A.K., 2010. Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognit. Lett.* 31, 651–666. doi:10.1016/j.patrec.2009.09.011
- » Jiang, Y., King, J.M., Prinyawiwatkul, W., 2014. A review of measurement and relationships between food, eating behavior and emotion. *Trends Food Sci. Technol.* 1–14. doi:10.1016/j.tifs.2013.12.005

- » Johnson, D.M., Illig, K.R., Behan, M., Haberly, L.B., 2000. New features of connectivity in piriform cortex visualized by intracellular injection of pyramidal cells suggest that “primary” olfactory cortex functions like “association” cortex in other sensory systems. *J. Neurosci.* 20, 6974–6982.
- » Jönsson, P., Wohlin, C., 2004. An Evaluation of k-Nearest Neighbour Imputation Using Likert Data, in: *Proceedings of the 10th IEEE International Software Metrics Symposium*, IEEE Computer Society, Los Alamitos, California, USA. pp. 108–118.
- » Judd, C.M., Westfall, J., Kenny, D.A., 2012. Treating stimuli as a random factor in social psychology: A new and comprehensive solution to a pervasive but largely ignored problem. *J. Pers. Soc. Psychol.* 103, 54–69. doi:10.1037/a0028347
- » Kahneman, D., 2003. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *Am. Psychol.* 58, 697–720. doi:10.1037/0003-066X.58.9.697
- » Kahneman, D., Snell, J., 1992. Predicting a Changing Taste : Do People Know What They Will Like ? *J. Behav. Decis. Mak.* 5, 187–200.
- » Kelly, C., Toro, R., Di Martino, A., Cox, C.L., Bellec, P., Castellanos, F.X., Milham, M.P., 2012. A convergent functional architecture of the insula emerges across imaging modalities. *Neuroimage* 61, 1129–42. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.03.021
- » Kensinger, E.A., Corkin, S., 2004. Two routes to emotional memory: distinct neural processes for valence and arousal. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 101, 3310–3315. doi:10.1073/pnas.0306408101
- » Kilpatrick, L., Cahill, L., 2003. Amygdala modulation of parahippocampal and frontal regions during emotionally influenced memory storage. *Neuroimage* 20, 2091–2099. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.08.006
- » Kim, D., Burge, J., Lane, T., Pearson, G.D., Kiehl, K.A., Calhoun, V.D., 2008. Hybrid ICA-Bayesian network approach reveals distinct effective connectivity differences in schizophrenia. *Neuroimage* 42, 1560–1568. doi:10.1016/j.neuroimage.2008.05.065
- » Kim, K.K., Karunanayaka, P., Privitera, M.D., Holland, S.K., Szaflarski, J.P., 2011. Semantic association investigated with functional MRI and independent component analysis. *Epilepsy Behav.* 20, 613–622. doi:10.1016/j.yebeh.2010.11.010
- » King, S.C., Meiselman, H.L., 2010. Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Qual. Prefer.* 21, 168–177. doi:10.1016/j.foodqual.2009.02.005
- » Köster, E.P., 2009. Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective. *Food Qual. Prefer.* 20, 70–82. doi:10.1016/j.foodqual.2007.11.002
- » Köster, E.P., 2003. The psychology of food choice: some often encountered fallacies. *Food Qual. Prefer.* 14, 359–373. doi:10.1016/S0950-3293(03)00017-X
- » Köster, E.P., Couronne, T., Léon, F., Lévy, C.M., Marcelino, A.S., 2002. Repeatability in hedonic sensory measurement : a conceptual exploration. *Food Qual. Prefer.* 14, 165–176.

- » Köster, E.P., Mojet, J., 2015. From mood to food and from food to mood: A psychological perspective on the measurement of food-related emotions in consumer research. *Food Res. Int.* doi:10.1016/j.foodres.2015.04.006
- » Kremer, S., Shimojo, R., Holthuysen, N., Köster, E.P., Mojet, J., 2013. Consumer acceptance of salt-reduced “soy sauce” foods over rapidly repeated exposure. *Food Qual. Prefer.* 27, 179–190. doi:10.1016/j.foodqual.2012.06.002
- » Kringelbach, M.L., 2010. The hedonic brain: a functional neuroanatomy of human pleasure, in: Kringelbach, M.L., Berridge, K.C. (Eds.), *Pleasures of the Brain*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 202–21.
- » Kringelbach, M.L., Berridge, K.C., 2010. *Pleasures of the Brain*, 1st ed. Oxford University Press, New York, New York, USA.
- » Kringelbach, M.L., O'Doherty, J.P., Rolls, E.T., Andrews, C., 2003. Activation of the human orbitofrontal cortex to a liquid food stimulus is correlated with its subjective pleasantness. *Cereb. cortex* 13, 1064–1071.
- » Kringelbach, M.L., Radcliffe, J., 2005. the Human Orbitofrontal Cortex : Linking Reward To Hedonic Experience. *Nat. Rev. Neurosci.* 6, 691–702. doi:10.1038/nrn174
- » Kringelbach, M.L., Rolls, E.T., 2004. The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Prog. Neurobiol.* 72, 341–72. doi:10.1016/j.pneurobio.2004.03.006
- » Kühn, S., Gallinat, J., 2012. The neural correlates of subjective pleasantness. *Neuroimage* 61, 289–294. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.02.065
- » Kurth, F., Eickhoff, S.B., Schleicher, A., Hoemke, L., Zilles, K., Amunts, K., 2010a. Cytoarchitecture and probabilistic maps of the human posterior insular cortex. *Cereb. Cortex* 20, 1448–61. doi:10.1093/cercor/bhp208
- » Kurth, F., Zilles, K., Fox, P.T., Laird, A.R., Eickhoff, S.B., 2010b. A link between the systems: functional differentiation and integration within the human insula revealed by meta-analysis. *Brain Struct. Funct.* 214, 519–34. doi:10.1007/s00429-010-0255-z
- » Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B., Christensen, R.H.B., 2014. lmerTest: Tests for random and fixed effects for linear mixed effect models (lmer objects of lme4 package).
- » LaBar, K.S., Cabeza, R., 2006. Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nat. Rev. Neurosci.* 7, 54–64. doi:10.1038/nrn1825
- » Lamm, C., Decety, J., Singer, T., 2011. Meta-analytic evidence for common and distinct neural networks associated with directly experienced pain and empathy for pain. *Neuroimage* 54, 2492–502. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.10.014
- » Langers, D.R.M., 2009. Blind source separation of fMRI data by means of factor analytic transformations. *Neuroimage* 47, 77–87. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.04.017
- » Langers, D.R.M., van Dijk, P., 2011a. Robustness of intrinsic connectivity networks in the human brain to the presence of acoustic scanner noise. *Neuroimage* 55, 1617–32. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.01.019

- » Langers, D.R.M., van Dijk, P., 2011b. Mapping the tonotopic organization in human auditory cortex with minimally salient acoustic stimulation. *Cereb. Cortex* 22, 2024–38. doi:10.1093/cercor/bhr282
- » Larsen, R.J., Diener, E., 1992. Promises and problems with the circumplex model of emotion., in: Clark, M.S. (Ed.), *Review of Personality and Social Psychology: Emotion* (Vol. 13). pp. 25–59.
- » Lévy, C.M., Köster, E.P., 1999. The relevance of initial hedonic judgements in the prediction of subtle food choices. *Food Qual. Prefer.* 10, 185–200.
- » Lévy, C.M., MacRae, A., Köster, E.P., 2006. Perceived stimulus complexity and food preference development. *Acta Psychol. (Amst)*. 123, 394–413. doi:10.1016/j.actpsy.2006.06.006
- » Li, Y.-O., Adali, T., Calhoun, V.D., 2007. Estimating the number of independent components for functional magnetic resonance imaging data. *Hum. Brain Mapp.* 28, 1251–1266. doi:10.1002/hbm.20359
- » Liberzon, I., Phan, K.L., Decker, L.R., Taylor, S.F., 2003. Extended amygdala and emotional salience: a PET activation study of positive and negative affect. *Neuropsychopharmacology* 28, 726–33. doi:10.1038/sj.npp.1300113
- » Liem, D.G., de Graaf, C., 2004. Sweet and sour preferences in young children and adults: role of repeated exposure. *Physiol. Behav.* 83, 421–9. doi:10.1016/j.physbeh.2004.08.028
- » Liem, D.G., Zandstra, E.H., 2009. Children's liking and wanting of snack products: Influence of shape and flavour. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 6, 38. doi:10.1186/1479-5868-6-38
- » Maier, J.X., Wachowiak, M., Katz, D.B., 2012. Chemosensory Convergence on Primary Olfactory Cortex. *J. Neurosci.* 32, 17037–17047. doi:10.1523/JNEUROSCI.3540-12.2012
- » Malnic, B., Godfrey, P.A., Buck, L.B., 2004. The human olfactory receptor gene family Bettina. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 101, 2584–2589. doi:10.1073/pnas.0307882100
- » Manzocco, L., Rumignani, A., Lagazio, C., 2013. Emotional response to fruit salads with different visual quality. *Food Qual. Prefer.* 28, 17–22. doi:10.1016/j.foodqual.2012.08.014
- » Marks, L.E., Shepard, T.G., Burger, K., Chakwin, E.M., 2012. Flavor-intensity perception: effects of stimulus context. *Physiol. Behav.* 105, 443–50. doi:10.1016/j.physbeh.2011.08.039
- » Mattes, R.D., 2003. Nutritional implications of taste and smell, in: Doty, R.L. (Ed.), *Handbook of Olfaction and Gustation*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 881–903.
- » McBride, R.L., 1985. Stimulus Range Influences Intensity and Hedonic Ratings of Flavour. *Appetite* 6, 125–131. doi:10.1016/S0195-6663(85)80033-7

- » McClure, S.M., Laibson, D.I., Loewenstein, G., Cohen, J.D., 2004. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science* 306, 503–507. doi:10.1126/science.1100907
- » McCutcheon, J.E., Ebner, S.R., Loriaux, A.L., Roitman, M.F., 2012. Encoding of aversion by dopamine and the nucleus accumbens. *Front. Neurosci.* 6, 1–10. doi:10.3389/fnins.2012.00137
- » McFadden, D., 1978. Quantitative Methods for Analyzing Travel Behaviour of Individuals: Some Recent Developments, in: Hensher, D., Stopher, P. (Eds.), *Behavioural Travel Modelling*. Croom Helm, pp. 279–318.
- » McFadden, D., 1974. The measurement of urban travel demand. *J. Public Econ.* 3, 303–328.
- » McFadden, D., 1973. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, in: Zarembka, P. (Ed.), *Frontiers in Econometrics*. University of California, pp. 105–142.
- » McKeown, M.J., Sejnowski, T.J., 1998. Independent component analysis of fMRI data: examining the assumptions. *Hum. Brain Mapp.* 6, 368–72.
- » Mellentin, J., 2009. *Failures in Functional Foods and Beverages*, 2nd ed. The Centre for Food & Health Studies, London.
- » Mesquita, B., Frijda, N.H., 1992. Cultural variations in emotions: a review. *Psychol. Bull.* 112, 179–204.
- » Mesulam, M.M., Mufson, E.J., 1982. Insula of the old world monkey. III: Efferent cortical output and comments on function. *J. Comp. Neurol.* 212, 38–52. doi:10.1002/cne.902120104
- » Moskowitz, H.R., Jacobs, B.E., Lazar, N., 1985. Product response segmentation and the analysis of individual differences in liking. Moskowitz, H.R. Jacobs, B. E. Lazar, N 8, 169–181.
- » Mueller, C., Kallert, S., Renner, B., Stiassny, K., Temmel, A.F.P., Hummel, T., Kobal, G., 2003. Quantitative assessment of gustatory function in a clinical context using impregnated “taste strips”. *Rhinology* 41, 2–6.
- » Murray, E.A., 2007. The amygdala, reward and emotion. *Trends Cogn. Sci.* 11, 489–97. doi:10.1016/j.tics.2007.08.013
- » Nanetti, L., Cerliani, L., Gazzola, V., Renken, R.J., Keysers, C., 2009. Group analyses of connectivity-based cortical parcellation using repeated k-means clustering. *Neuroimage* 47, 1666–77. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.06.014
- » Nanetti, L., Renken, R.J., de Graaf, C., Dalenberg, J.R., ter Horst, G.J., 2013. Individual Brain responses to taste cluster into 5 distinct patterns related to dynamic liking., in: Poster Presented at the 19th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping. Seattle.
- » Nasser, J.A., Gluck, M.E., Geliebter, A., 2004. Impulsivity and test meal intake in obese binge eating women. *Appetite* 43, 303–307. doi:10.1016/j.appet.2004.04.006



- » Ng, M., Chaya, C., Hort, J., 2013. Beyond liking: Comparing the measurement of emotional response using EsSense Profile and consumer defined check-all-that-apply methodologies. *Food Qual. Prefer.* 28, 193–205. doi:10.1016/j.foodqual.2012.08.012
- » Nitschke, J.B., Dixon, G.E., Sarinopoulos, I., Short, S.J., Cohen, J.D., Smith, E.E., Kosslyn, S.M., Rose, R.M., Davidson, R.J., 2006. Altering expectancy dampens neural response to aversive taste in primary taste cortex. *Nat. Neurosci.* 9, 435–442. doi:10.1038/nn1645
- » O'Doherty, J.P., Kringelbach, M.L., Rolls, E.T., Hornak, J., Andrews, C., 2001a. Abstract reward and punishment representations in the human orbitofrontal cortex. *Nat. Neurosci.* 4, 95–102. doi:10.1038/82959
- » O'Doherty, J.P., Rolls, E.T., Francis, S.T., Bowtell, R., McGlone, F., 2001b. Representation of Pleasant and Aversive Taste in the Human Brain. *J. Neurophysiol.* 85, 1315–1321.
- » Pelchat, M.L., Schaefer, S., 2000. Dietary monotony and food cravings in young and elderly adults. *Physiol. Behav.* 68, 353–9.
- » Pfaffmann, C., 1980. Wundt's Schema of Sensory Affect in the Light of Research on Gustatory Preferences. *Psychol. Res.* 42, 165–174. doi:10.1007/BF00308700
- » Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L., Lane, R., 2003. Neurobiology of emotion perception I: the neural basis of normal emotion perception. *Biol. Psychiatry* 54, 504–514. doi:10.1016/S0006-3223(03)00168-9
- » Pinheiro, J., Bates, D., 2000. Mixed effects models in S and S-PLUS, 1st ed. Springer.
- » Plassmann, H., O'Doherty, J.P., Shiv, B., Rangel, A., 2008. Marketing actions can modulate neural representations of experienced pleasantness. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 105, 1050–4. doi:10.1073/pnas.0706929105
- » Pliner, P., 1982. The Effects of Mere Exposure on Liking for Edible Substances. *Appetite* 3, 283–290. doi:10.1016/S0195-6663(82)80026-3
- » Poulton, E.C., 1975. Range Effects in Experiments on People. *Am. J. Psychol.* 88, 3–32.
- » Rellecke, J., Palazova, M., Sommer, W., Schacht, A., 2011. On the automaticity of emotion processing in words and faces: event-related brain potentials evidence from a superficial task. *Brain Cogn.* 77, 23–32. doi:10.1016/j.bandc.2011.07.001
- » Rolls, E.T., 2011. Taste, olfactory and food texture reward processing in the brain and obesity. *Int. J. Obes.* 35, 550–61. doi:10.1038/ijo.2010.155
- » Rolls, E.T., 2001. The rules of formation of the olfactory representations found in the orbitofrontal cortex olfactory areas in primates. *Chem. Senses* 26, 595–604. doi:10.1093/chemse/26.5.595
- » Rolls, E.T., Kringelbach, M.L., de Araujo, I.E.T., 2003. Different representations of pleasant and unpleasant odours in the human brain. *Eur. J. Neurosci.* 18, 695–703.

- » Rolls, E.T., McCabe, C., 2007. Enhanced affective brain representations of chocolate in cravers vs. non-cravers. *Eur. J. Neurosci.* 26, 1067–76. doi:10.1111/j.1460-9568.2007.05724.x
- » Rorden, C., Brett, M., 2000. Stereotaxic display of brain lesions. *Behav. Neurol.* 12, 191–200.
- » Roy, A.K., Shehzad, Z., Margulies, D.S., Kelly, A.M.C., Uddin, L.Q., Gotimer, K., Biswal, B.B., Castellanos, F.X., Milham, M.P., 2009. Functional connectivity of the human amygdala using resting state fMRI. *Neuroimage* 45, 614–626. doi:10.1016/j.neuroimage.2008.11.030
- » Rozin, P., Zellner, D.A., 1985. The role of Pavlovian conditioning in the acquisition of food likes and dislikes. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 443, 189–202.
- » Rudenga, K.J., Green, B., Nachtigal, D., Small, D.M., 2010. Evidence for an integrated oral sensory module in the human anterior ventral insula. *Chem. Senses* 35, 693–703. doi:10.1093/chemse/bjq068
- » Rudenga, K.J., Small, D.M., 2013. Ventromedial prefrontal cortex response to concentrated sucrose reflects liking rather than sweet quality coding. *Chem. Senses* 38, 585–94. doi:10.1093/chemse/bjt029
- » Russell, J.A., 1980. A circumplex model of affect. *J. Pers. Soc. Psychol.* 39, 1161–1178. doi:10.1037/h0077714
- » Schaal, B., Marlier, L., Soussignan, R., 2000. Human fetuses learn odours from their pregnant mother's diet. *Chem. Senses* 25, 729–737. doi:10.1093/chemse/25.6.729
- » Schacht, A., Sommer, W., 2009. Emotions in word and face processing: early and late cortical responses. *Brain Cogn.* 69, 538–50. doi:10.1016/j.bandc.2008.11.005
- » Schier, L.A., Hashimoto, K., Bales, M.B., Blonde, G.D., Spector, A.C., 2014. High-resolution lesion-mapping strategy links a hot spot in rat insular cortex with impaired expression of taste aversion learning. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 111, 1162–7. doi:10.1073/pnas.1315624111
- » Schifferstein, H.N.J., Desmet, P.M.A., 2010. Hedonic asymmetry in emotional responses to consumer products. *Food Qual. Prefer.* 21, 1100–1104. doi:10.1016/j.foodqual.2010.07.004
- » Schultz, W., 1997. A Neural Substrate of Prediction and Reward. *Science* (80-.). 275, 1593–1599. doi:10.1126/science.275.5306.1593
- » Schwartz, G., 1978. Estimating the dimension of a model. *Ann. Stat.* 6, 461–464.
- » Seo, H.-S., Iannilli, E., Hummel, C., Okazaki, Y., Buschhüter, D., Gerber, J., Krammer, G.E., van Lengerich, B., Hummel, T., 2013. A salty-congruent odor enhances saltiness: functional magnetic resonance imaging study. *Hum. Brain Mapp.* 34, 62–76. doi:10.1002/hbm.21414

- » Sheeran, P., 2002. Intention—Behavior Relations: A Conceptual and Empirical Review. *Eur. Rev. Soc. Psychol.* 12, 1–36. doi:10.1080/14792772143000003
- » Slovic, P., Finucane, M.L., Peters, E., MacGregor, D.G., 2007. The affect heuristic. *Eur. J. Oper. Res.* 177, 1333–1352. doi:10.1016/j.ejor.2005.04.006
- » Small, D.M., 2012. Flavor is in the brain. *Physiol. Behav.* 107, 540–52. doi:10.1016/j.physbeh.2012.04.011
- » Small, D.M., 2010. Taste representation in the human insula. *Brain Struct. Funct.* 214, 551–61. doi:10.1007/s00429-010-0266-9
- » Small, D.M., 2006. Central Gustatory Processing in Humans. *Adv. Otorhinolaryngol.* 63, 191–220.
- » Small, D.M., 2002. Toward an understanding of the brain substrates of reward in humans. *Neuron* 33, 668–71.
- » Small, D.M., Bender, G., Veldhuizen, M.G., Rudenga, K.J., Nachtigal, D., Felsted, J., 2007. The role of the human orbitofrontal cortex in taste and flavor processing. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1121, 136–151. doi:10.1196/annals.1401.002
- » Small, D.M., Gregory, M.D., Mak, Y.E., Gitelman, D.R., Mesulam, M.M., Parrish, T., 2003. Dissociation of neural representation of intensity and affective valuation in human gustation. *Neuron* 39, 701–11. doi:10.1016/S0896-6273(03)00467-7
- » Small, D.M., Jones-Gotman, M., Zatorre, R.J., Petrides, M., Evans, A.C., 1997. Flavor processing: more than the sum of its parts. *Neuroreport* 8, 3913–3917. doi:10.1097/00001756-199712220-00014
- » Small, D.M., Veldhuizen, M.G., Green, B., 2013. Sensory neuroscience: Taste responses in primary olfactory cortex. *Curr. Biol.* 23, R157–R159. doi:10.1016/j.cub.2012.12.036
- » Small, D.M., Zald, D.H., Jones-Gotman, M., Zatorre, R.J., Pardo, J. V, Frey, S., Petrides, M., 1999. Human cortical gustatory areas: a review of functional neuroimaging data. *Neuroreport* 10, 7–14. doi:10.1097/00001756-199901180-00002
- » Small, D.M., Zatorre, R.J., Dagher, A., Evans, A.C., Jones-Gotman, M., 2001. Changes in brain activity related to eating chocolate: from pleasure to aversion. *Brain* 124, 1720–33. doi:10.1093/brain/124.9.1720
- » Smeets, P.A.M., De Graaf, C., Stafleu, A., Van Osch, M.J.P., Nievelstein, R.A.J., Van Der Grond, J., 2006. Effect of satiety on brain activation during chocolate tasting in men and women. *Am. J. Clin. Nutr.* 83, 1297–1305.
- » Sørensen, L.B., Møller, P., Flint, A., Martens, M., Raben, A., 2003. Effect of sensory perception of foods on appetite and food intake: a review of studies on humans. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 27, 1152–1166. doi:10.1038/sj.ijo.0802391
- » Spetter, M.S., Smeets, P.A.M., de Graaf, C., Viergever, M.A., 2010. Representation of sweet and salty taste intensity in the brain. *Chem. Senses* 35, 831–40. doi:10.1093/chemse/bjq093

- » Steinbach, S., Hummel, T., Böhner, C., Berkold, S., Hundt, W., Kriner, M., Heinrich, P., Sommer, H., Hanusch, C., Precht, A., Schmidt, B., Bauerfeind, I., Seck, K., Jacobs, V.R., Schmalfeldt, B., Harbeck, N., 2009. Qualitative and quantitative assessment of taste and smell changes in patients undergoing chemotherapy for breast cancer or gynecologic malignancies. *J. Clin. Oncol.* 27, 1899–905. doi:10.1200/JCO.2008.19.2690
- » Steiner, J.E., 1979. Human facial expressions in response to taste and smell stimulation. *Adv. Child Dev. Behav.* 13, 257–295.
- » Steinley, D., 2006. K-means clustering: a half-century synthesis. *Br. J. Math. Stat. Psychol.* 59, 1–34. doi:10.1348/000711005X48266
- » Stevens, M.C., Kiehl, K.A., Pearlson, G.D., Calhoun, V.D., 2007. Functional neural circuits for mental timekeeping. *Hum. Brain Mapp.* 28, 394–408. doi:10.1002/hbm.20285
- » Stevenson, R.J., Miller, L.A., McGrillen, K., 2015. Perception of odor-induced tastes following insular cortex lesion. *Neurocase* 21, 33–43. doi:10.1080/13554794.2013.860175
- » Sullivan, S.A., Birch, L.L., 1994. Infant dietary experience and acceptance of solid foods. *Pediatrics* 93, 271–277.
- » Sulmont-Rossé, C., Chabanet, C., Issanchou, S., Köster, E.P., 2008. Impact of the arousal potential of uncommon drinks on the repeated exposure effect. *Food Qual. Prefer.* 19, 412–420. doi:10.1016/j.foodqual.2007.12.003
- » Thomson, D.M.H., Crocker, C., Marketo, C.G., 2010. Linking sensory characteristics to emotions: An example using dark chocolate. *Food Qual. Prefer.* 21, 1117–1125. doi:10.1016/j.foodqual.2010.04.011
- » Tibshirani, R., Walther, G., Hastie, T., 2001. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *J. R. Stat. Soc. Ser. B (Statistical Methodol.)* 63, 411–423.
- » Tracy, A.L., Jarrard, L.E., Davidson, T.L., 2001. The hippocampus and motivation revisited: Appetite and activity. *Behav. Brain Res.* 127, 13–23. doi:10.1016/S0166-4328(01)00364-3
- » Train, K.E., 2002. *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press, Cambridge. doi:10.1017/CBO9780511805271
- » Tremblay, A., Tucker, B. V., 2011. The effects of N-gram probabilistic measures on the recognition and production of four-word sequences. *Ment. Lex.* 6, 302–324. doi:10.1075/ml.6.2.04tre
- » Tzourio-Mazoyer, N., Landeau, B., Papathanassiou, D., Crivello, F., Etard, O., Delcroix, N., Mazoyer, B., Joliot, M., 2002. Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage* 15, 273–89. doi:10.1006/nimg.2001.0978
- » Van Buskirk, R.L., Erickson, R.P., 1977. Odorant responses in taste neurons of the rat NTS. *Brain Res.* 135, 287–303. doi:10.1016/0006-8993(77)91032-0

- » van den Bosch, I., Dalenberg, J.R., Renken, R.J., van Langeveld, A.W.B., Smeets, P.A.M., Griffioen-Roose, S., ter Horst, G.J., de Graaf, C., Boesveldt, S., 2014. To like or not to like: Neural substrates of subjective flavor preferences. *Behav. Brain Res.* 269C, 128–137. doi:10.1016/j.bbr.2014.04.010
- » van Rijn, H., Dalenberg, J.R., Borst, J.P., Sprenger, S.A., 2012. Pupil dilation co-varies with memory strength of individual traces in a delayed response paired-associate task. *PLoS One* 7, e51134. doi:10.1371/journal.pone.0051134
- » van Vugt, D.A., 2009. Brain imaging studies of appetite in the context of obesity and the menstrual cycle. *Hum. Reprod. Update* 16, 276–292. doi:10.1093/humupd/dmp051
- » Veldhuizen, M.G., Albrecht, J., Zelano, C., Boesveldt, S., Breslin, P., Lundström, J.N., 2011. Identification of human gustatory cortex by activation likelihood estimation. *Hum. Brain Mapp.* 32, 2256–66. doi:10.1002/hbm.21188
- » Veldhuizen, M.G., Bender, G., Constable, R.T., Small, D.M., 2007. Trying to detect taste in a tasteless solution: modulation of early gustatory cortex by attention to taste. *Chem. Senses* 32, 569–81. doi:10.1093/chemse/bjm025
- » Veldhuizen, M.G., Nachtigal, D., Teulings, L., Gitelman, D.R., Small, D.M., 2010. The insular taste cortex contributes to odor quality coding. *Front. Hum. Neurosci.* 4, 1–11. doi:10.3389/fnhum.2010.00058
- » Veldhuizen, M.G., Small, D.M., 2011. Modality-Specific Neural Effects of Selective Attention to Taste and Odor. *Chem. Senses* 36, 747–60. doi:10.1093/chemse/bjr043
- » Veldhuizen, M.G., van Rooden, A.P.A., Kroeze, J.H.A., 2006. Dissociating pleasantness and intensity with quinine sulfate/sucrose mixtures in taste. *Chem. Senses* 31, 649–653. doi:10.1093/chemse/bjl005
- » Wardle, J., Cooke, L.J., Gibson, E.L., Sapochnik, M., Sheiham, A., Lawson, M., 2003. Increasing children's acceptance of vegetables; a randomized trial of parent-led exposure. *Appetite* 40, 155–162. doi:10.1016/S0195-6663(02)00135-6
- » Watson, D., Tellegen, A., 1985. Toward a consensual structure of mood. *Psychol. Bull.* 98, 219–35.
- » Weijzen, P.L.G., de Graaf, C., Dijksterhuis, G.B., 2008a. Discrepancy between Snack Choice Intentions and Behavior. *J. Nutr. Educ. Behav.* 40, 311–316. doi:10.1016/j.jneb.2007.08.003
- » Weijzen, P.L.G., Zandstra, E.H., Alfieri, C., de Graaf, C., 2008b. Effects of complexity and intensity on sensory specific satiety and food acceptance after repeated consumption. *Food Qual. Prefer.* 19, 349–359. doi:10.1016/j.foodqual.2007.11.003
- » Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.P., Gallese, V., Rizzolatti, G., 2003. Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron* 40, 655–64.

- » Winkielman, P., Berridge, K.C., Wilbarger, J.L., 2005. Unconscious affective reactions to masked happy versus angry faces influence consumption behavior and judgments of value. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* 31, 121–35. doi:10.1177/0146167204271309
- » Winston, J.S., Gottfried, J.A., Kilner, J.M., Dolan, R.J., 2005. Integrated neural representations of odor intensity and affective valence in human amygdala. *J. Neurosci.* 25, 8903–8907. doi:10.1523/JNEUROSCI.1569-05.2005
- » Witvliet, C.V.O., Vrana, S.R., 2007. Play it again Sam: Repeated exposure to emotionally evocative music polarises liking and smiling responses, and influences other affective reports, facial EMG, and heart rate. *Cogn. Emot.* 21, 3–25.
- » Xu, J., Potenza, M.N., Calhoun, V.D., 2013. Spatial ICA reveals functional activity hidden from traditional fMRI GLM-based analyses. *Front. Neurosci.* 7, 1–4. doi:10.3389/fnins.2013.00154
- » Yamamoto, T., Ueji, K., 2011. Brain mechanisms of flavor learning. *Front. Syst. Neurosci.* 5, 1–7. doi:10.3389/fnsys.2011.00076
- » Yaxley, S., Rolls, E.T., Sienkiewicz, Z.J., 1990. Gustatory responses of single neurons in the insula of the macaque monkey. *J. Neurophysiol.* 63, 689–700.
- » Yeomans, M.R., 2009. Understanding Individual Differences in Acquired Flavour Liking in Humans. *Chemosens. Percept.* 3, 34–41. doi:10.1007/s12078-009-9052-6
- » Yeomans, M.R., 2006. The role of learning in development of food preferences, in: Shepherd, R., Raats, M. (Eds.), *The Psychology of Food Choice*. CAB International, Wallingford, pp. 93–112.
- » Yeomans, M.R., 1998. Taste, palatability and the control of appetite. *Proc. Nutr. Soc.* 57, 609–615. doi:10.1079/PNS19980089
- » Zajonc, R.B., 1980. Feeling and Thinking Preferences Need No Inferences. *Am. Psychol.* 35, 151–175.
- » Zajonc, R.B., 1968. Attitudinal Effects of Mere Exposure. *J. Pers. Soc. Psychol.* 9, 1–27.
- » Zald, D.H., Hagen, M.C., Pardo, J. V, 2002. Neural correlates of tasting concentrated quinine and sugar solutions. *J. Neurophysiol.* 87, 1068–75.
- » Zald, D.H., Lee, J.T., Fluegel, K.W., Pardo, J. V, 1998. Aversive gustatory stimulation activates limbic circuits in humans. *Brain* 121, 1143–54.
- » Zandstra, E.H., de Graaf, C., van Trijp, H.C., 2000. Effects of variety and repeated in-home consumption on product acceptance. *Appetite* 35, 113–9. doi:10.1006/appe.2000.0342
- » Zandstra, E.H., Graaf, C. De, Trijp, H.C.M. Van, Staveren, W.A. Van, 1999. Laboratory hedonic ratings as predictors of consumption. *Food Qual. Prefer.* 10, 411–418.
- » Zandstra, E.H., Weegels, M.F., Van Spronsen, A.A., Klerk, M., 2004. Scoring or boring? Predicting boredom through repeated in-home consumption. *Food Qual. Prefer.* 15, 549–557. doi:10.1016/j.foodqual.2003.12.001



NEDERLANDSE SAMENVATTING (DUTCH SUMMARY)

Smaken verschillen

De voedingsindustrie investeert veel in nieuwe voedingsproducten. Echter, verkoopcijfers vallen vaak tegen. Bij de keuze van voeding spelen veel factoren een rol. Eén van de belangrijkste factoren die de keuze van een consument beïnvloed is hoe aangenaam een voedingsproduct wordt gevonden. Producten die we niet lekker vinden, consumeren we meestal niet. Het is echter lastig gebleken om te voorspellen of een product gekocht zal worden op basis van de gerapporteerde aangenaamheid van het product. Dit komt mede omdat individuen sterk kunnen verschillen in wat ze lekker vinden en wat niet. De één kan bijvoorbeeld erg genieten van grapefruitsap terwijl de ander deze smaak afschuwelijk vindt. We zeggen dan ook niet voor niets “smaken verschillen”. Deze verschillen bestaan niet alleen tussen personen, maar ook binnen personen. Na herhaaldelijke blootstelling of op verschillende tijdstippen kan een persoon een voedingsproduct namelijk lekkerder of juist minder lekker gaan vinden. Bier en koffie zijn bijvoorbeeld niet weg te denken uit onze samenleving, terwijl veel mensen deze producten niet lekker vonden bij het allereerste proefmoment. Daarnaast wordt een patatje vaak lekker gevonden, maar niet als ontbijt.

Doel van dit proefschrift

De studies die beschreven staan in dit proefschrift hadden allen te maken met smaakwaardering. We hadden als doel om beter begrip te krijgen van hoe mensen verschillen in hun smaakwaardering en hoe je effectief met deze verschillen kunt omgaan. Ook hebben we onderzocht in hoeverre smaakwaardering en emoties invloed hebben op keuzegedrag. Daarnaast hadden we als doel om beter begrip te krijgen van hoe de aangenaamheid van smaken in de hersenen verwerkt wordt.

Waarom we voedsel lekker vinden

Een deel van onze voedselvoorkeuren is genetisch bepaald. Zonder enige smaakervaring vinden zuigelingen zoete en zoute smaken lekkerder dan bitter en zuur. Deze voorgeprogrammeerde voorkeuren zijn belangrijk voor ons voortbestaan. Zoete smaken duiden namelijk op de aanwezigheid van energie, terwijl we zout nodig hebben voor onze vochtbalans. Bitter en zuur, daarentegen, zijn smaken die kunnen aangeven dat voedsel giftig of bedorven is. Naast deze genetisch bepaalde waardering voor smaken, wordt ook de gevoeligheid voor smaken bepaald in onze genen. Uit onderzoek blijkt dat 25% van de (Amerikaanse) bevolking een genetische aanleg heeft om “beter” te proeven. Deze mensen bezitten meer smaakreceptoren en nemen daardoor bepaalde smaken intenser waar. De waargenomen intensiteit van een smaak heeft direct invloed op hoe aangenaam we de smaak vinden. De smaak van onverdunde limonade wordt bijvoorbeeld over het algemeen niet erg gewaardeerd.

Naast genetische factoren gaan we voedselproducten lekker vinden door verschillende leerprincipes. De bekendste principes zijn blootstelling, smaak-smaak associatie en smaak-consequentie associatie. Door herhaalde blootstelling aan een smaak, raken we aan een smaak gewend en gaan deze meer waarderen. Dit effect vindt al plaats wanneer we nog in de baarmoeder zitten. Onderzoek heeft namelijk aangetoond dat als zwangere vrouwen

veel anijsproducten eten, ze kinderen krijgen met een voorkeur voor anijssmaak. Bij smaak-smaak associatie wordt een nieuwe smaak in verband gebracht met een al bekende smaak die wel of juist niet lekker wordt gevonden. Een snoepje met colasmak is bijvoorbeeld vaak populairder bij kinderen dan snoepjes met onbekendere smaken. Smaak-consequentie associatie verwijst naar de consequenties van het consumeren van een voedselproduct met een bepaalde smaak. Als er veel energie in het voedselproduct zit, leren we onbewust de betreffende smaak lekker te vinden. Andersom kan het ook zijn dat je ziek wordt van een bepaald voedselproduct. Als dat gebeurt, creëren mensen vaak een langdurige aversie tegen de smaak van dat voedselproduct.

Basissmaken en complexe smaken

In dit proefschrift hebben we ons verdiept in smaakwaardering voor basissmaken en complexe smaken. De vijf basissmaken zijn zoet, zout, zuur, bitter en umami (hartig). Deze smaken nemen we waar met smaakreceptoren die zich bevinden op de tong en bepaalde delen van de keel. Complexe smaken zijn smaken van producten die een mix bevatten van verschillende smaken en geuren. Echter, mondgevoel, gehoor en het uiterlijk van een voedselproduct hebben ook invloed op de waarneming van complexe smaken. Hoewel we complexe smaken dus met meerdere zintuigen waarnemen, integreert ons brein deze informatie tot een complexe smaak. Bijna alle smaken waar we in het dagelijks leven mee te maken krijgen zijn complexe smaken.

Hersenstudies met (f)MRI

We hebben meerdere hersenstudies met behulp van een MRI-scanner uitgevoerd. MRI staat voor “Magnetic Resonance Imaging”, oftewel beeldvorming met behulp van een magnetisch veld. Met MRI maken we gebruik van de magnetische eigenschappen van waterstofatomen. Deze atomen kunnen we beschouwen als piepkleine magneetjes met twee polen. Gewoonlijk bevinden deze atomen zich in allerlei oriëntaties, maar onder invloed van een sterk magnetisch veld, oriënteren deze atomen zich langs de richting van het magnetische veld. Een Magnetische Resonantie (MR) scanner bevat zo een hoog magnetisch veld. Ons lichaam, waaronder het brein, bevat grote hoeveelheden waterstofatomen. Wanneer we ons in het magnetische veld van een MR-scanner bevinden, zullen deze atomen in een vaste “rust”-oriëntatie komen langs het magneetveld. Voor de beeldvorming, worden de waterstofatomen kort blootgesteld aan een radiopuls. Deze puls zorgt er voor dat alle atomen draaien naar een positie die loodrecht op het magnetische veld staat. In deze positie bevatten de atomen energie die ze geleidelijk afstaan wanneer ze terug draaien naar de ruststand langs de richting van het magneetveld. Dit terugdraaien naar de rustoriëntatie wordt relaxatie genoemd en het afstaan van de energie wordt het MR-sigitaal genoemd. Het bijzondere aan dit proces is dat de snelheid van de relaxatie (en dus de intensiteit van het MR-sigitaal) afhangt van de lokale omgevingsfactoren van de waterstofatomen, zoals het soort weefsel waarin de atomen zich bevinden. Als we enige tijd na de radiopuls het MR-sigitaal meten, kunnen we daarom aan de hand van de lokale sigitaal-verschillen bepalen waar o.a. bot, hersenvloeistof of de hersenweefsels grijze en witte stof zich bevinden in het hoofd.

Een andere belangrijke omgevingsfactor die de relaxatie van de waterstofatomen beïnvloed is het eiwit hemoglobine. Hemoglobine zit in ons bloed en is verantwoordelijk voor zuurstoftransport. Hemoglobine bevat een ijzermolecuul. De magnetische eigenschappen van dit ijzermolecuul veranderen wanneer zuurstof wel of niet gebonden is aan hemoglobine. De aan- of afwezigheid van zuurstofrijk bloed beïnvloedt daarom de lokale relaxatie van waterstofatomen. Functionele MRI (fMRI) maakt gebruik van dit principe en stelt ons in staat om een zuurstofsignaal in het bloed (BOLD-signaal) te volgen in de tijd. Omdat het zuurstofgehalte afhangt van activiteit van de hersencellen, kunnen we hersenactiviteit indirect afleiden uit het lokale zuurstofgehalte. Dus met fMRI zijn we in staat om op een indirecte wijze te bepalen welke hersengebieden betrokken zijn bij verschillende omstandigheden, zoals het proeven van een smaak.

Samenvatting van de onderzoeksresultaten

In **hoofdstuk 2** hebben we ons verdiept in de verschillen tussen mensen in hun waardering voor voedselproducten tijdens herhaaldelijke blootstelling. In voorgaand onderzoek zijn specifieke voedselproducten vaak onderzocht aan de hand van groepsgegevens. Echter, consumenten verschillen sterk in wat ze wel en niet lekker vinden, waardoor een groepsgegevens een vertekend beeld kan geven van wat er daadwerkelijk gaande is. Als de helft van de mensen een voedselproduct bijvoorbeeld lekker vindt, terwijl de andere helft dat niet vindt, dan zal dat product op groepsniveau neutraal scoren. Zelfs als er niemand in de gehele groep een neutrale score heeft gegeven. Om effectief met dit probleem om te gaan hebben we een methode gebruikt waarin we het waarderingsgedrag van proefpersonen clusteren in subgroepen. Deze subgroepen kunnen vervolgens gebruikt worden om een beter beeld te geven van productacceptatie. Zo kun je bijvoorbeeld zien hoe vaak consumenten een product lekker of juist niet lekker vinden. We hebben deze methode toegepast op datasets met gegevens van proefpersonen die dagelijks naar het laboratorium kwamen om drankjes of snacks te proeven. Ze kregen de opdracht om aan te geven hoe lekker ze het product vonden. In de datasets konden we vijf typische vormen van score-gedrag identificeren en aangeven welk gedrag typisch hoort bij welk voedselproduct. De studie beschreven in **hoofdstuk 2** laat dus zien dat het in acht nemen van interindividuele verschillen nuttige informatie oplevert over smaakwaardering.

Waarderingscores voor voedselproducten zijn vaak sterk geassocieerd met keuzegedrag in een experimentele setting. In zo'n experimentele setting worden proefpersonen uitgenodigd om naar een onderzoekslab te komen om een aantal voedingsproducten te komen proeven, te waarderen en een keuze te maken. Echter, de relatie tussen waarderingscores en keuzegedrag is zwakker in het dagelijkse leven van consumenten. Onderzoekers in de voedingswereld hebben gesuggereerd dat deze discrepantie tussen de waarderingscores en keuzegedrag ontstaat, omdat voedselkeuze niet zozeer gebaseerd is op rationele beslissingen maar meer op emoties. In het dagelijkse leven koppelen we smaak vaak direct aan emoties of gevoelens. Een onplezierige ervaring wordt bestempeld als een "bittere pil" of een "zure ervaring", iets wat saai wordt gevonden is "zouteloos" en lieve kinderen zijn "zoet". Gezien dit verband tussen smaken en emoties is het niet gek om te denken dat emoties, naast de

aangenaamheid die smaken oproepen, een belangrijke component kunnen zijn bij voedselkeuzegedrag. In een tweede gedragsstudie, beschreven in **hoofdstuk 3**, hebben we daarom onderzocht of naast de aangenaamheid, emotiescores voorspellende waarde hadden voor voedselkeuze. Daarvoor hebben we proefpersonen uitgenodigd in een gesimuleerde restaurantsetting. Daar kregen de proefpersonen de opdracht om zeven ontbijtdrankjes te proeven en deze te scoren op aangenaamheid en in hoeverre een aantal emoties voor hen van toepassing waren op het product. Bijvoorbeeld in hoeverre het product de emotie “blij” oproept op een schaal van 0 (niet) tot 4 (heel erg). De proefpersonen werden een week later opnieuw uitgenodigd om een ontbijtdrank te kiezen als ontbijt. Uit dit onderzoek bleek dat het meten van emoties inderdaad extra voorspellende waarde had voor het keuzegedrag. Het was vooral de mate van hoe positief of hoe negatief de emoties waren die extra voorspellende waarde gaf bovenop hoe aangenaam het product werd gevonden. Aan de hand van de scores waren we in staat om voor meer dan de helft van de proefpersonen de juiste keuze te voorspellen uit zeven ontbijtdranken. Voor meer dan 80% van de proefpersonen zat het gekozen drankje bij de top twee voorspelde kandidaten.

In hoofdstuk 4 tot 7 worden studies beschreven die uitgevoerd zijn met behulp van MRI. In **hoofdstuk 4** werd onderzocht hoe basissmaken worden verwerkt in de insula. De insula is een hersengebied dat zich onder het oppervlak van de grote hersenen bevindt. Mensen hebben een insula in zowel de linker als de rechter hersenhelft. We onderzochten smaakverwerking in de insula, omdat de insula het hersengebied bevat wat verantwoordelijk is voor de eerste verwerking van smaakinformatie in de grote hersenen. In onze studie hebben we jonge (18-30 jaar) en oudere (60-75 jaar) mannen de basissmaken zoet, zuur, zout en bitter in oplopende concentraties laten proeven in een MRI-scanner. Na het proeven van elke smaakoplossing kregen de proefpersonen de opdracht om aan te geven hoe aangenaam ze de smaak vonden proeven. Voorheen werd aangenomen dat de smaakgebieden in de linker en rechter insula dezelfde functie uitoefenen bij de verwerking van smaak. In ons MRI onderzoek vonden we echter dat de linker en rechter insula verschillende aspecten van smaak verwerken. Waar we rechter insula-activiteit konden associëren met de waardering van de smaak, was linker insula-activiteit geassocieerd met de intensiteit van de smaak. Daarbij waren de resultaten tussen de jonge en oudere mannen vergelijkbaar. De studie in **hoofdstuk 4** toont dus aan dat de smaakgebieden in de linker en rechter insula voor mannen niet dezelfde functie uitoefenen, maar beiden een specifieke rol vervullen in smaakverwerking.

In **Hoofdstuk 5** hebben we ons verdiept in de aangenaamheid van basissmaken en complexe smaken. In het verleden was er al wel onderzoek gedaan naar waar de aangenaamheid van basissmaken in de hersenen wordt verwerkt. Echter, om aangenaamheid of onaangenaamheid te onderzoeken zijn over het algemeen verschillende smaken gebruikt. Daarom valt niet af te leiden of het verschil in hersenactiviteit tussen aangename en onaangename smaken te maken heeft met aangenaamheid of met het identificeren van de smaakidentiteit (bijvoorbeeld bitter versus zoet). In ons onderzoek hebben we daarom proefpersonen gezocht die de complexe smaak grapefruitsap lekker of juist vies vinden smaken. Alle proefpersonen kregen dus dezelfde smaakstimulus, maar verschilden van elkaar op basis van

smaakwaardering. Daarnaast hebben we de proefpersonen ter vergelijking ook de basis smaken zoet en bitter laten proeven. Uit ons onderzoek bleek dat de hersenactiviteit voor het wel of niet lekker vinden van grapefruitsap vooral te vinden was in o.a. de ventrale prefrontale cortex en ventrale striatum. Dit zijn hersengebieden waarvan we weten dat ze te maken hebben met beloning en motivatie. Daarnaast leek het verschil in hersenactiviteit tussen de liefhebbers en haters van grapefruitsap niet op het patroon dat de basissmaken zoet en bitter onderscheidt. Dit resultaat suggereert dat er in de hersenen verschillen kunnen bestaan in de verwerking van de aangenaamheid van complexe smaken en basissmaken. Echter, er is meer onderzoek nodig om aan te tonen dat dit daadwerkelijk zo is.

In **Hoofdstuk 6** hebben we een brug geslagen tussen emotie en de aangenaamheid van smaken. In het verleden hebben onderzoekers een netwerk in de hersenen gedefinieerd dat zich bezig houdt met de identificatie van de emotionele waarde van prikkels die we van binnen en buiten ons lichaam waarnemen. Daarnaast wordt dit netwerk geassocieerd met en het produceren van emoties. Dit netwerk bevat hersengebieden zoals de amygdala, insula, ventraal striatum en ventrale gebieden in de prefrontale cortex. Opvallend is dat in voorgaande smaakstudies deze gebieden vaak geassocieerd worden met de verwerking van smaken. We vroegen ons daarom af of juist dit emotienetwerk zich bezighoudt met de verwerking van de aangenaamheid van smaken. Daarom hebben we in **Hoofdstuk 6** een netwerk-georiënteerde analyse uitgevoerd. Een dergelijke analyse is niet gericht op losse gebieden maar op groepen van hersengebieden die vergelijkbaar activatiegedrag vertonen. Voor dit onderzoek hebben we twee datasets gebruikt. De proefpersonen uit deze datasets kregen de opdracht om tijdens een MRI onderzoek verschillende complexe smaken te proeven en te beoordelen op aangenaamheid. In de eerste dataset waren gegevens van proefpersonen opgenomen die acht drankjes uit de supermarkt meerdere keren te proeven kregen. Na het proeven van elke smaak werd aan de proefpersonen gevraagd de smaak te beoordelen op aangenaamheid. De proefpersonen uit de tweede dataset kregen dezelfde opdracht, maar in plaats van supermarktproducten, kregen ze vloeibare voedingssupplementen met verschillende smaken te proeven. Uit de resultaten van onze analyses bleek dat de proefpersonen in beide groepen een emotie-netwerk gebruiken tijdens het proeven van de verschillende complexe smaken. In de eerste groep konden we activatie van dit netwerk associëren met de gerapporteerde aangenaamheid van de complexe smaken, dit lukte in tweede dataset echter niet. Wij denken dat dit kan komen door het type drankjes dat gebruikt is in de tweede dataset. De voedingssupplementen kunnen namelijk als onbekend ervaren worden, wat mogelijk invloed heeft op de smaakverwerking. Desalniettemin waren de emotienetwerken die we vonden in beide groepen vrijwel identiek. Het onderzoek in **Hoofdstuk 6** toont dus aan dat we een algemeen emotie-hersennetwerk gebruiken bij de waardering voor smaken.

Conclusie

In dit proefschrift hebben we nieuwe technieken geïntroduceerd met als doel om beter begrip te krijgen van de gedrags- en hersenpatronen die ten grondslag liggen aan het lekker vinden van voedsel. De resultaten uit ons onderzoek lieten duidelijk zien dat consumenten sterk verschillen in wat ze wel en niet lekker vinden. We lieten echter ook zien dat de vari-

atie in smaakwaardering te vangen is in subgroepen met typisch waarderingsgedrag. Deze subgroepen stellen ons in staat om productwaardering beter te beschrijven.

In ons hersenonderzoek hebben we aangetoond dat meerdere smaakeigenschappen worden verwerkt in de insula. Opmerkelijk is de bevinding dat de linker en rechter insula een aparte rol vervullen. Daarnaast vonden we dat een emotienetwerk correleerde met smaakwaardering. Het lijkt het er dus op dat smaakwaardering afhangt van emotionele associaties. Een belangrijk hersengebied in dit netwerk is de ventrale prefrontale cortex. Opvallend is dat dit ook een belangrijk gebied is dat liefhebbers van haters voor dezelfde smaak onderscheidt.

Uit onze studies concluderen we verder dat aangenaamheid niet genoeg is om voedselkeuze te voorspellen. In overeenstemming met de connectie die we konden maken tussen emotie en smaakwaardering in onze MRI studies, hebben we aangetoond dat emotieprofielen, gemeten op gedragsniveau, de voorspelling van voedselkeuze verbetert. Daarnaast vinden we dat nieuw onderzoek zich zou moeten richten op extra voorspellers van voedselkeuze, zoals de persoonlijk kenmerken van het individu. Impulsieve mensen grijpen bijvoorbeeld makkelijker naar ongezonde snacks. Verder moet toekomstig hersenonderzoek zich gaan richten op complexe smaken in plaats van basissmaken, omdat complexe smaken dichter bij de smaken staan die consumenten in het dagelijkse leven ervaren.

ABOUT THE AUTHOR

Jelle Roelof Dalenberg was born on October 10, 1984 in Leeuwarden, The Netherlands. In 2002 he graduated from pre-university school (Atheneum). From 2003 to 2008, Dalenberg studied Human Technology at the Hanze University of Applied Sciences in Groningen. During this period, he completed two internships, one at the University Medical Center Groningen (UMCG) and one at the educational publisher Noordhoff Uitgevers working on educational software for young adolescent patients with Duchenne muscular dystrophy and primary school students, respectively. After receiving his Bachelor's degree, Dalenberg continued his education from 2009 to 2012 at the University of Groningen and acquired a Master's degree in Human Machine Communication. During this Master's study, Dalenberg completed a research internship in which he investigated the association between pupil dilation and memory strength and the application of an artificially intelligent adaptive learning system, which aided students in learning brain anatomy. After completing his Master's degree (with honors), Dalenberg returned to the UMCG as a PhD candidate at the Neuroimaging Center Groningen (department of neuroscience, UMCG) under supervision of Prof. dr. Gert J. ter Horst and Prof. dr. Monique Lorist. During his research project, Dalenberg worked in cooperation with researchers from the UMCG, Wageningen University, Danone Nutricia research and FrieslandCampina. He combined behavioral and neuroimaging research to investigate taste and flavor liking. The results of his PhD work are presented in the current thesis entitled "Taste and Flavor Liking, neurobiological correlates and behavioral diversity". At present, Dalenberg works as a postdoctoral researcher at the Neuroimaging Center Groningen, where he develops research methods to investigate affect processing across stimulus modalities.

PUBLICATION LIST JELLE R. DALENBERG

Published

1. **Dalenberg, J.R.**, Gutjar, S., ter Horst, G.J., de Graaf, K., Renken, R.J., Jager, G., 2014a. Evoked Emotions Predict Food Choice. *PLoS One* 9, e115388. doi:10.1371/journal.pone.0115388
2. **Dalenberg, J.R.**, Hoogeveen, H.R., Renken, R.J., Langers, D.R.M., ter Horst, G.J., 2015. Functional specialization of the male insula during taste perception. *Neuroimage*. doi:10.1016/j.neuroimage.2015.06.062
3. **Dalenberg, J.R.**, Nanetti, L., Renken, R.J., de Wijk, R.A., ter Horst, G.J., 2014b. Dealing with Consumer Differences in Liking during Repeated Exposure to Food; Typical Dynamics in Rating Behavior. *PLoS One* 9, e93350. doi:10.1371/journal.pone.0093350
4. **Dalenberg, J.R.**, Van Rijn, H., 2011. Does retrieval require effort? Effects of memory strength on pupil dilation. *Proc. 33rd Annu. Conf. Cogn. Sci. Soc.* 132–137.
5. Gutjar, S., **Dalenberg, J.R.**, de Graaf, C., de Wijk, R.A., Palascha, A., Renken, R.J., Jager, G., 2015. What reported food-evoked emotions may add: A model to predict consumer food choice. *Food Qual. Prefer.* 45, 140–148. doi:10.1016/j.foodqual.2015.06.008
6. Hoogeveen, H.R., **Dalenberg, J.R.**, Renken, R.J., ter Horst, G.J., Lorist, M.M., 2015. Neural processing of basic tastes in healthy young and older adults — An fMRI study. *Neuroimage*. doi:10.1016/j.neuroimage.2015.06.017
7. Hovens, I.B., Huisman, M.G., Absalom, A.R., **Dalenberg J.R.**, Schoemaker, R.G., Izaks, G.J., van Leeuwen, B.L., 2015. Preoperative performance determines the association between C-reactive protein and postoperative information processing, in: Hovens I.B (Ed.), *Characterizing Postoperative Cognitive Dysfunction in the Elderly*. Ipskamp Drukkers, The Netherlands pp. 163-183.
8. Saliassi, E., Geerligs, L., **Dalenberg, J.R.**, Lorist, M.M., Maurits, N.M., 2015. Differences in cognitive aging: typology based on a community structure detection approach. *Front. Aging Neurosci.* 7, 1–11. doi:10.3389/fnagi.2015.00035
9. Van den Bosch, I., **Dalenberg, J.R.**, Renken, R.J., van Langeveld, A.W.B., Smeets, P.A.M., Griffioen-Roose, S., Ter Horst, G.J., de Graaf, C., Boesveldt, S., 2014. To like or not to like: Neural substrates of subjective flavor preferences. *Behav. Brain Res.* 269C, 128–137. doi:10.1016/j.bbr.2014.04.010

10. Van Rijn, H., **Dalenberg, J.R.**, Borst, J.P., Sprenger, S.A., 2012. Pupil dilation co-varies with memory strength of individual traces in a delayed response paired-associate task. PLoS One 7, e51134. doi:10.1371/journal.pone.0051134

Submitted

11. **Dalenberg, J.R.**, Weitkamp, L., Renken, R.J., Nanetti, L., ter Horst, G.J. Flavor pleasantness processing in the ventral emotion system
12. Hoogeveen, H.R., **Dalenberg, J.R.**, Renken, R.J., ter Horst, G.J., Lorist, M.M. Increased functional connectivity between hedonic networks in older compared to younger adults during taste processing.

ABOUT THE THESIS COVER



The cover shows male and female faces in the style of Andy Warhol. You might wonder to whom these faces belong. They belong to *nobody*. The faces are the average male and female face of the employees working at the Neuroimaging Center Groningen. In this thesis, I showed that consumers show high variability in their food liking. A single food product may divide groups of consumers into distinct subgroups containing strong likers and dislikers. A group average may therefore reflect a response that belongs to *nobody*.

The mathematical process that was used to acquire the average faces is very similar to a common analysis step of functional magnetic resonance (fMRI) data. Because faces differ in size and shape, a direct average of each photo will result in a blurry oval shape. Instead the images are deformed in such a way that the location of specific features (e.g., eyes, nose, mouth and chin) corresponds to the same location of these features of another face. This is done by so-called nonlinear image transformations. Similarly, during a normalization step in fMRI analysis, every single brain is warped to fit onto an international standardized brain format making it possible for researchers to refer to a coordinate system that is equal across subjects.

Finally, an apple was chosen in the center of the front cover. This symbolizes the tastes and flavors we investigated in thesis.

I would like to thank Iris Hovens, Michel Meijer, Heleen Hoogveen, Kim Tamineau & Sander Martens for sharing their ideas and helping me realize the cover. Furthermore, I would like to thank all my colleagues available for a photograph. I foresee some excellent modelling careers!

DANKWOORD (ACKNOWLEDGEMENTS)

Goh... we zijn al weer dik vier jaar verder. Wat heb ik enorm veel geleerd, meegemaakt en veel nieuwe mensen leren kennen! Toen ik begon wist ik nagenoeg niets over fMRI en de analysetechnieken die hier achter schuilen. Ook had ik geen achtergrond in neuroanatomie of de wetenschap van voeding. Ik heb dus in die jaren enorm veel geleerd van de mensen om me heen en die wil ik bij deze enorm bedanken! Er zijn te veel mensen om te noemen die invloed hebben gehad op de uiteindelijke totstandkoming van mijn werk. Mocht je jezelf hieronder niet terugvinden, weet dan dat jouw aandeel ook belangrijk is geweest in mijn ontwikkeling en de totstandkoming van dit proefschrift.

Natuurlijk wil ik een aantal mensen specifiek bedanken. Allereerst mijn promotoren en co-promotoren zonder wie het promotieonderzoek niet tot stand was gekomen. Mijn eerste promotor Prof. **Gert ter Horst**: Gert ik herinner me nog goed dat je het erg kon waarderen dat ik op twee promotieplekken tegelijk had gesolliciteerd met één sollicitatiebrief. De omschrijving van de projecten was nagenoeg hetzelfde, alleen de doelgroep verschilde. Je waardeerde praktisch inzicht en flexibiliteit en ik hoop dat ik deze kwaliteiten naar jouw tevredenheid heb kunnen doorzetten tijdens mijn promotietraject. Ik had bewondering voor jouw gedrevenheid in het stimuleren van de samenwerking tussen alle aandeelhouders in het TIFN-samenwerkingsverband. Dit gaf mij de ruimte om te leren van alle ervaring die er binnen ons projectteam aanwezig is. Daarnaast vond ik het erg leuk en uitdagend om mijn steentje bij te kunnen dragen in de verschillende projecten die uitgevoerd werden binnen ons team. Bij jou stond de carrière van de promovendus altijd voorop. Ik vond dit erg prettig, omdat je altijd snel en doelgericht feedback op mijn werk en functioneren kon geven. Daarnaast kon ik altijd voor goede raad bij je terecht wanneer ik tegen problemen in het “onderzoekswereldje” aanliep.

Mijn tweede promotor Prof. **Monique Lorist**: Monique, tijdens mijn sollicitatie maakte je al veel indruk op me. Je stelde zeer kritische vragen waar ik goed over na moest denken en niet altijd direct antwoord op had. Tijdens mijn promotie was dit niet anders. Ik heb vaak gedacht voorafgaand aan onze ontmoetingen: “Oh jee... hoe ga ik dit aan Monique uitleggen?”. Je wist zo op de zwakke punten in analyses of interpretaties te schieten, zodat ik er beter over na kon denken en het werk naar een hoger niveau kon tillen.

Mijn copromotor en dagelijks begeleider Dr. **Remco Renken**: Remco, tsjonge, wat heb ik een hoop geleerd over (f)MRI-onderzoek van jou. In het eerste half jaar stond ik vaak met mijn oren te klapperen toen ik aanwezig was bij discussies die je met anderen hield over scantechnieken en analyses. Gelukkig heb ik snel jouw taal leren spreken. Ik vond het erg grappig dat je me in een vroeg stadium het KISS-principe (“keep it stupidly simple”) uitlegde en dat je vervolgens analysetechnieken kwam aandragen die ik niet eens correct kon spelen! Toch houd ik dat KISS-principe vaak in mijn achterhoofd voordat ik analyses ga doen. Ik wil altijd goed in staat zijn om uit te leggen wat ik gedaan heb en waarom. Ook wil ik je bedanken dat je altijd open stond voor overleg. Als je niet op het NiC was, dan was het geen probleem om even langs je huis te fietsen.

Mijn copromotor Dr. **An Reyners**: An, helaas hebben we door omstandigheden samen geen patiëntenstudie op poten kunnen zetten. Ik hoop dat dit met Heleen toch nog gaat lukken! Ik wil je bedanken voor de hulp bij het schrijven van METc aanvragen. In zulke aanvragen moet je vaak dezelfde informatie op verschillende plekken herhalen en jij hield me scherp in mijn consistentie! Ik vond het erg leuk en leerzaam om op de zijlijn mee te kijken en te denken over de patiëntenstudies die je samen met Irene uitvoerde. Dit hield me erg breed georiënteerd, iets waar ik veel waarde aan hecht.

Prof. **Natasha Maurits**, bedankt voor het plaatsnemen in de beoordelingscommissie en het uitvoerig doornemen van het proefschrift. Ik waardeerde zeer dat ik jouw commentaar op de tekst en figuren kon verwerken om het proefschrift kwalitatief te verbeteren. Prof. **Dana Small**, thank you for taking place in the reading committee, your helpful comments, and your willingness to travel to the Netherlands to be an apponent at my PhD defense. Your previous research has had a great influence on the work I have presented in the current thesis. Prof. **Hugo Critchley**, thank you for taking place in the reading committee and your willingness to judge my work.

Mijn (ex-)collega's bij TIFN, **Erik van der Linden, Kees de Graaf, Ellen Kampman, Gerry Jager, Sanne Boesveldt, René de Wijk, Manon Mensink, Renate Winkels, Geja de Vries, Martijn Veltkamp, Ben Lawlor, Sarah Simpson, Sanne Griffioen, Annelies van der Stelt, Hugo Weenen, Pascal Weijzen, Marion Coeleman, Corine Beemster** en alle andere (industriële) partners die aan het TIFN project 'Sensory & Liking' hebben deelgenomen, bedankt voor de hulp, discussies over alle projecten en de feedback op mijn eigen werk. Daarnaast de promovendi in ons TIFN team, **Yfke, Irene, Luca** en **Heleen**, ik vond het erg leuk om aan de zijlijn mee te kijken en mee te denken met jullie onderzoek. **Svetlana**, ik vond het tof en leerzaam om samen met jou het emotie-onderzoek in te duiken. Ik denk dat we samen twee goede en invloedrijke papers hebben kunnen neerzetten in jouw werkveld. **Iris**, ik vond het heel leuk en leerzaam om mee te kunnen werken aan jouw grapefruitsap-studie. Ik heb bewondering voor de hoeveelheid werk die je in het project had gestopt. Ik stapte wat later in het project, maar wil achteraf graag kwijt dat ik het een heel slim opgezette studie vond. Ik wens jou en jouw familie heel veel sterkte voor de toekomst en hoop jouw kwaliteiten terug te zien in de wetenschap of een andere plek die je gelukkig maakt! **Luca**, thank you for being my colleague and roommate for the first two years of my PhD project. You have learned me a lot about setting up and analyzing fMRI-studies. Your taste-machine has been of incredible value to us. I hope you will (*k-means*) cluster well with your family and find happiness and prosperity in your future together with your son Saverio.

Mijn (ex-)collega's in het NiC in alfabetische volgorde: **André, Annerieke, Barbara, Betty, Brani, Charlotte, Chris, Claire, Daouia, Edith, Eline, Elouise, Esther, Frans, Funda, Hanneke, Hui, Jeroen, Jojanneke, Jolien, Jorien, Judith, Laurie[†], Leonie, Linda, Liwen, Manon, Marc, Marie-José, Mirjan, Nicky, Nynke, Pengfei, Peter, Robert, Sander, Sandra, Shankar, Sima, Sjoerd, Stefan, Tharcila**, bedankt voor de gezellige werkomgeving en positieve sfeer in het NiC.

Jelmer, dank voor je DWI-kunde en de vaak hilarische gesprekken op de werkvloer of tijdens borrels. **Jan-Bernard**, dank voor je kundige feedback bij de analyses en het programmeren. **Hedwig**, dank voor al het werk wat je verzet voor de hele afdeling, het regelen van afspraken en het zijn van een belangrijke UMCG-informatiebron. **Emi**, dank voor alle grappige gesprekken en leuke borrels die vaak vanuit jou georganiseerd waren. Ik hielp je graag uit de brand wanneer je even vast liep in R of Matlab, zodat ik ook mijn programmeerervaring kon verbeteren. **Michelle**, ook jou hielp ik graag uit de problemen met R. Ik herkende je frustraties maar al te goed. Ook ik moet soms even tot 10 tellen en dan stapje voor stapje door het script lopen. **Dave**, dank voor je kundige feedback, wiskundig inzicht en grappige bijdrages op Facebook. **Anita & Judith**, bedankt voor de MRI-lessen, het bijstaan van proefpersonen scannen en de leuke, grappige, gezellige en soms ontroerende gesprekken tijdens alle MRI-scans die we samen hebben gemaakt. **Ruud**, dank voor jouw grondige neuroanatomische kennis. Ik heb zeer veel van je geleerd op dat vlak. Daarnaast heb ik me erg vermaakt tijdens de kleiduiven-schiet-uitjes.

De studenten die ik als hulp had tijdens mijn experimenten. **Maryse**, dank voor de invulling van jouw pupildilatatie-project. Jouw snelheid van werken en zelfstandigheid verbaasde mij enorm. **Rosanne**, jij was van onschatbare waarde bij de rekrutering van proefpersonen en het uitvoeren van intake-sessies. Ik was erg onder de indruk van hoe jij jouw immens drukke persoonlijke- en studieleven zo netjes en nauwkeurig wist te combineren. **Lislore**, wat was jij een ijverige en leergierige student. Onze collega's dachten lange tijd dat jij promovendus was. Je hebt mij nog veel kunnen leren over belangrijke details binnen smaakonderzoek. Als resultaat hebben we een leuk manuscript samen op papier kunnen zetten en ik hoop dat je nog een leuke promotieplek zult vinden.

Mijn afstudeerbegeleider bij mijn masterthese, **Hedderik van Rijn**. Hedderik, ik wilde je nogmaals bedanken voor de begeleiding, omdat je me erg veel bijgebracht hebt over analyses in R en het publiceren van artikelen. Ook bedankt dat je een referent wilde zijn voor mijn sollicitatie op het huidige promotieonderzoek. Jouw bijdrage aan mijn ontwikkeling heeft veel invloed gehad op het werk wat ik tijdens mijn promotieonderzoek heb neer kunnen zetten. Andere personen die ik wil bedanken, omdat ze mij waardevolle competenties hebben bijgebracht tijdens mijn studietijd welke van grote waarde waren tijdens mijn promotieonderzoek, zijn **Lisette Wierenga** (stagebegeleiding), **Godelieve Bos** (omgaan met weerstand) en **Richard Vos** (stagebegeleiding en wetenschappelijk schrijven).

Dan mijn paranifmen. **Heleen**, vanaf jouw sollicitatiegesprek maakte je al indruk als een seriëuze dame die haar keuzes in haar werk en leven goed overdenkt. Zoals ik je al vaker vertelde, ik ben erg jaloers op hoe netjes en geordend jij kan werken. Waar mijn bureau vaak een puinhoop is, heb jij alles netjes op datum en onderwerp gearchiveerd. Hoe vaak kwam ik je kamer instormen met de vraag: "*Weet jij nog hoe we ...*"? Ik ben de tel kwijt. We hebben samen een prachtig experiment uitgevoerd waar we samen erg veel van geleerd hebben en nog steeds van leren. Ik vond het erg fijn om met je op te trekken de afgelopen jaren. Ik wil jou

bedanken dat je een erg waardevolle en betrouwbare collega voor me bent geweest (en nog steeds bent). We hebben lief en leed gedeeld in al onze TIFN-avonturen, daarom ben ik blij dat je mijn paranimf wilde zijn. **Hans!** Vanaf dag 1 viel jij op in het NiC. Een vrolijke kerel die met iedereen praatjes maakte bij binnenkomst en naar huis gaan. Ik vond het erg fijn dat we samen met **Jelmer** het “mannen-clubje” in het NiC konden vormen tussen al die dames. Ik vond het ook erg bewonderingswaardig dat je graag met mijn vriendengroep mee wilde op Humanitas-kamp, waarbij we een vakantieweek voor kinderen met ADHD en Autisme Spectrum Stoornis organiseerden in Appelscha. Ook wij hebben lief en leed gedeeld bij alle ups en downs tijdens ons promotiewerk en ook jij was een waardevolle en betrouwbare collega waar ik alles (nouja, alles is wel een heel groot woord ;)) mee kon delen.

Ook wil ik mijn vrienden bedanken voor hun steun en kennis. In alfabetische volgorde: **Alex, Chris Peter, Dorijn, Egbert, Erik, Fiona, Jan, Martha, Niels, Sander, Sytze, Toeska, Wouter**, dank voor de gezellige (wekelijkse) ontbijt-, lunch-, diner-, en bioscoopdates. Waarin ik mijn vreugde en frustraties over mijn werk kwijt kon. **Klaas** naast onze vriendschap sinds de brugklas kon ik voor geneeskundige en patiënt-gerelateerde vragen en advies voor mijn onderzoek altijd bij jou terecht. **Menno**, jij hebt tijdens mijn masteropleiding mijn programmeerkennis behoorlijk bijgespijkerd. Dank daar voor.

Mijn familie en schoonfamilie, **Eik, Nol, Kim, Johan, Aramee, Linare, Ziane** en alle andere familieleden, dank dat jullie mij met open armen hebben opgenomen in de familie. **Pap, Mam** en **Wieke, Thijs** en **Lenthe**, dank dat jullie er altijd voor me waren en de onvoorwaardelijke steun voor mij, Iris en jullie aankomende kleinzoon/neefje.

En dan tot slot, **Iris** dank dat ik al mijn avonturen samen met jou kan beleven, waar we ook zijn en wat we ook doen op de wereld. Omdat jij nu Dr. Iris bent, heb ik tijdens mijn promotieonderzoek altijd erg veel aan je gehad, omdat jij precies wist hoe het onderzoekswereldje in elkaar zat. Als jij mijn werk niet begreep wist ik dat ik beter mijn best moest doen om het begrijpelijker te maken voor omstanders. Dit bracht mijn werk tot een hoger niveau. Ik kijk uit naar onze toekomst (waar deze ons ook zal brengen) samen met onze zoon.

